3次元CGを用いた景観特性の計量化とそのシステム開発に関する研究

A DEVELOPMENT OF SYSTEM FOR REPRESENTING LANDSCAPE CHARACTERISTICS INDEX USING THREE-DIMENSIONAL COMPUTER GRAPHICS

有馬隆文*, 佐藤誠治**, 萩島 哲***, 坂井 猛****
趙 世 晨*, 小林祐司*****

*Takafumi ARIMA, Seiji SATO, Satoshi HAGISHIMA,
Takeru SAKAI, Shichen ZHAO and Yuji KOBAYASHI*

The purpose of this study is to develop the application software for grasping the characteristics of landscape. The used data is digital elevation map (50m Grid) which is published by Geographical Survey Institute in Japan. We simulated geographical environment using this data, sited the eye position and abstracted the characteristics of landscape by calculation of geometry. The characteristics of landscape are expressed by the numerical data and the three-dimensional computer graphics. The numerical data presents the range, distance and direct of view, angle of depression, angle of incidence and others. By comparing these data and computer graphics, we verified the effectiveness of indexes.

Keywords: *Landscape, Computer Graphics, Digital Map 50m Grid, Visibility and Invisibility*

景観, コンピュータグラフィックス, 数値地図 (50m), 可視・不可視

1. はじめに

(1) 背景

地方自治体で策定されている景観形成基本計画などにみられる景観整備は、小地区を対象とした景観形成に関する事項が比較的多い。そこでは、市街地周辺の丘陵地や遠景に見える山々が景観整備に有効に活用されていないのが実情である。言うまでもなくかつての集落などは、集落を取り巻く自然環境と一体的に整備され、地域独自の「風土」「原風景」が形成されてきた。従って、今日でもこれらの自然資源を活用した景観整備が必要であり、そのためには、古来より人々に親しまれてきた地域固有の自然景観の特性を再認識することが重要である。

既に広域的な自然景観の特性を表現する概念や指標は、数多くの提案がなされており、樋口¹⁾は、眺望の性質を示す指標として、可視・不可視、距離、視線入射角、不可視深度、俯角、仰角、奥行、日照による陰陽度を指摘し、上原²⁾は、眺望の五要素として、視点、視界、方位、主景、距離を挙げている。しかしながら、指標として提案されていても、実際の景観から計量することは難しく、地図や写真から計量するにしても極めて多大な労力を必要とすることから、定性的に扱われる場合が非常に多かった。一方、3次元地形モデル^{注1)}から景観特性を定量的に計量する手法も古くからあるが、指標の具体的な計量法について詳細に言及されて

おらず、また、これまで提案された指標には類似した傾向を示すものも多いことから、指標の整理と計量手法の明確化が課題となっている。しかしながら、3次元地形モデルを用いた計量手法は景観特性の定量的表現に優れているため、さらに数多くの指標が提案され計量手法が確立されれば、景観研究への応用が大いに期待できる。特に、これまで定性的に論じられてきた「風水における地の利」、「地形的条件によって形成された名所・名勝の景観構造把握」、「景観特性と景観評価との関連」は、景観特性を定量的に表現することによって明らかになるであろう。また、実際の景観整備事業、計画においても、「地域における景観資源の定量的探索」、「広域的眺望景観を考慮した市街地整備」への利用が期待できる。以上のことから、景観の特性を3次元地形モデルから簡便かつ一元的に計量し、計量結果を図表により表現するシステムの開発が求められている。

(2) 目的

本研究の目的は、既往の景観計量指標に加え、新たな指標を提案し、標高データのみを用いて広域的なエリアにおける景観の特性を数値データ及び3次元コンピュータグラフィックスよりに表示するシステムを開発することである。

(3) 関連する既往の研究

景観特性を表現する指標は旧来より多数の提案がなされている

* 九州大学大学院人間環境学専攻都市共生デザイン専攻 助教授・工博

** 大分大学工学部建設工学科 教授・工博

*** 九州大学大学院人間環境学専攻都市共生デザイン専攻 教授・工博

**** 九州大学新キャンパス計画推進室 助教授・工博

***** 大分大学工学部建設工学科 助手・工修

Assoc. Prof., Dept. of Urban Design, Planning and Disaster Management, Graduate School of Human-Environment Studies, Kyushu University, Dr. Eng.
Prof., Dept. of Architectural Eng., Faculty of Eng., Oita University, Dr. Eng.
Prof., Dept. of Urban Design, Planning and Disaster Management, Graduate School of Human-Environment Studies, Kyushu University, Dr. Eng.
Assoc. Prof., New Campus Planning Office, Kyushu University, Dr. Eng.
Research Assoc., Dept. of Architectural Eng., Faculty of Eng., Oita University, M. Eng.

が、ここでは、広域的なエリアを対象として、景観の特性をコンピュータの技術により計量している事例について取り上げてみた。

既往の研究において提案された代表的な指標をまとめたものが表1である。本表では、これらの指標を、計量の対象が視点場であるのか、あるいは、視対象であるのかによって整理している。

表中の「視対象特性指標」とは、視対象の景観特性を表現する指標である。計量の対象は、山、河川、海岸線といった個別の景観要素であるか、もしくは、視対象の領域を一樣にサンプリングした任意の地点である。既往の研究を見ると、樋口¹⁾は、山への距離・仰角、水面への俯角等を計量し、個別の景観要素の特性を明らかにしている。また、山田³⁾や小柳⁴⁾は、視対象エリアをメッシュに区切り、各メッシュにおける可視・不可視や仰角・俯角、視線入射角の特性を明らかにしている。これらの指標は景観要素あるいは視対象の地点毎にデータが抽出されるため、視対象エリア全体の特性を把握するには、地図上にデータをプロットしたり、メッシュデータの濃淡マップによって表現する必要がある。

次に「視点場特性指標」とは、視点場を計量の対象とし、その視覚的な特性を数値データとして表現したものである。指標をみると視覚的な「量」に関するものが多く、両角ら⁷⁾飯塚⁸⁾は、立体視野領域、山の可視量という指標により、視野空間の大きさ、対象物の視覚的な大きさを定量的に論じている。また、石田ら⁵⁾は視点を取り巻く地形の特徴を定量的に表現する指標を提案している。

本研究では、既に提案された代表的な指標に、独自に考案した指標を加え、景観特性を計量するシステムを開発した。

2. システムの概要と景観特性の計量方法

景観の特性を把握する手法としては、実空間から測量によって計量する方法、写真や地図といった2次元媒体を用いる方法、コンピュータの仮想空間に地形をシミュレートし、この中から計量する方法がある。

本研究では、第3のコンピュータを用いた計量手法を用いシステムを構築した。本手法のメリットは、景観の特性を立体幾何学の応用により解析的に計量でき、また、現地測量や地図・写真では、計量不可能な景観の特徴を抽出できる点である。以下に本論で提案したシステムの概要を図1のフローに従い述べる。

(1) 標高データの編集

分析に用いるデータは標高データのみであり、本システムでは、まず最初にデータの編集をおこなう。使用した標高データは国土

表1 既往に提案された定量的指標 (筆者らが提案したものを除く)

	視対象特性指標	視点場特性指標
樋口忠彦 ¹⁾	可視・不可視、山への距離、視線入射角、俯角、仰角、不可視深度	
山田孝 ³⁾	可視・不可視	
小柳武和 ⁴⁾	可視・不可視、距離、視線入射角、俯角、仰角、不可視深度、スカイライン仰角、日照時間	
石田克紀、小柳武和、山形耕一、志摩邦雄 ⁵⁾		地形の局所指標(標高、エリアベクトル、最急勾配、勾配方向)、広域指標(広域エリアベクトル、広域勾配、広域勾配方向、平坦率)
Burrough, P.A. and De Veer, A.A. ⁶⁾	landscape maps	
磯田節子、両角光男、位寄和久 ⁷⁾	建物による不可視領域影響度	景観球を用いた立体視野領域
飯塚英雄 ⁸⁾		2Dパース法を用いた山の可視量

図1 システム全体のフロー

図2 地形メッシュ

図3 ビジュアルスクリーン概念図

地理院から市販されている「数値地図 50m (標高)」^{注2)}である。本データは、日本国土の標高を50mメッシュ間隔でサンプリングしており、広域的な地形を精度高くシミュレートできる。また、標準化されたデータであるため、汎用的なシステム開発に適している。

データは、図の左上に示すように約10km×約10kmの範囲が1つのファイルとなっている。本システムでは、視点場周囲360度、一定半径内の領域を計量の対象としていることから、図に示すように、視点位置の緯度・経度および計算半径の値に応じて、計算範囲をカバーする方形のエリアの標高データを統合した。

(2) 景観特性の計量

次に統合した標高データを用いて景観特性の計量をおこなう。図2は、標高データをCGによって拡大表現した図である。1メッシュの大きさは、X方向(東西)58.3m、Y方向(南北)46.2mであり、九州北部の緯度、経度をもとにサイズを決定している^{注3)}。本研究では、この1メッシュを2つの3角形ポリゴンに分割して地表面を表現し、本モデルから各種の指標を計量した。また、一部の指標は、ビジュアルスクリーンと呼ばれる媒体を利用し計量を行った。ビジュアルスクリーンとは、視点より、ある一定距離離れた位置に円筒状のスクリーンを用意し、地形を構成する3角形ポリゴンをスクリーンに投影したものである(図3参照)。すなわち、ここで描かれる写像は、人間が視覚的に認知する像に近いと言える^{注4)}。スクリーンの下限は、人間のディスプレイに最適な領域^{注5)}が俯角0度～30度であることから、俯角30度を下限値とした。スクリーンの上限は、水平線を人間が見た場合、色彩を識別できる最大仰角が30度であることから、本値を上限値としている。図4は、円筒状のビジュアルスクリーンを切り開いた展開図である。本図から、スカイラインの特性、視覚像の特性を計量した。

計量に用いた指標をまとめたものが表2である。指標は「数値指標」と「視覚指標」に分けられる。

「数値指標」とは景観の特性を1つの数値データとして表現したものであり、例えば「可視領域割合(N3)」は、分析対象となるエリア面積に対する可視エリア面積の割合であり可視領域の大きさを数値として表わしたものである。一方、「視覚指標」とは、景観の特性を3次元CGにより視覚化することによって、人間が目視によりその特徴を読み取ることができる指標である。例えば、「可視領域(V1)」は、地形を可視と不可視によって色分けし3次元CGによって表現したものである。

数値指標は32指標、視覚指標は14指標であり、多角的に景観の特性を把握できるように指標を選定している。なお、表中の*がついた指標は、本論文にて新たに提案した指標である。

(3) 算定結果のアウトプット

本システムでは、最終的に上記に挙げた2種の指標の算定結果をアウトプットする。数値指標は数値データの表として表現され、視覚指標は、3次元コンピュータグラフィックスあるいはビジュアルスクリーンの展開図によってコンピュータのディスプレイ上に表示される。

以上のプロセスにより、景観特性の計量をおこなった。

3. 数値指標

本システムで用いた数値指標は、表2に示すとおり「視点場」「視対象」「方向」「視界、開放性」等の項目に分けられる。景観は<見る・見られる>という相対的関係にあることから、それぞれの指標は、他の項目にも関係づけられるものもあるが、各指標の意味を考察し8つにまとめた。それらは、標高メッシュデータから

図4 ビジュアルスクリーン展開図

表2 計量に用いた指標

	ID	数値指標	ID	視覚指標
				CG: 3次元CGによる表現 VS: ビジュアルスクリーンによる表現
視点場	N1	視点場の標高		
	N2	視点場の標高-可視領域の標高の平均		
視対象	N3	可視領域割合	V1	可視領域(CG)
	N4	可視領域の標高の平均		
	N5	可視領域の標高の標準偏差		
	N6	可視領域における地形構成割合	V2	地形構成別の色彩表現(CG)
	N7	海の構成要素割合		
	N8	平地の構成要素割合		
	N9	斜面の構成要素割合		
	N10	急斜面の構成要素割合		
	N11	崖の構成要素割合		
	N12	ビジュアルスクリーンにおける地形構成割合*	V3	地形構成別の色彩表現(VS)*
	N13	海の構成要素割合		
	N14	平地の構成要素割合		
	N15	斜面の構成要素割合		
	N16	急斜面の構成要素割合		
	N17	崖の構成要素割合		
	N18	空の構成要素割合		
	N19	可視領域における山頂数*	V4	山頂、尾根、谷の抽出(CG)
	N20	スカイラインを構成する山頂数	V5	スカイラインを構成する山頂の表示(VS)
方向	N21	可視領域の重心の方向	V6	水平角度別の可視領域割合(CG)
視界、開放性	N22	水平見通し領域割合*	V7	水平見通し領域(CG)*
仰角・俯角、立体感	N23	仰角X±Y度のスカイラインを構成する山頂数	V8	可視領域の仰角・俯角別色彩表現(CG)
	N24	俯角X±Y度の可視領域割合	V9	仰角別の色彩表現(VS)
	N25	スカイライン仰角の最大値		
	N26	スカイラインの仰角・俯角の差		
距離・奥行き	N27	距離帯別の可視領域割合	V10	可視領域の距離別色彩表現(CG)
	N28	近距離帯の可視領域割合	V11	距離別色彩表現(VS)
	N29	中距離帯の可視領域割合		
	N30	遠距離帯の可視領域割合		
	N31	山並み輪郭線の密度*	V12	山並み輪郭線の抽出(VS)*
視野形態、複雑さ	N32	水平見通し領域のいびつ度*		
	N33	水平見通し領域の周長/同面積の円の周長*		
	N34	スカイラインの複雑さ*		
認識度	N35	視線入射角X±Y度の可視領域割合	V13	可視領域の視線入射角別色彩表現(CG)
	N36	視線入射角別の可視領域割合	V14	視線入射角別の色彩表現(VS)

計量する指標と、ビジュアルスクリーンから計量する指標の2種で構成される。

(1) 標高メッシュデータからの計量

①可視領域割合(ID番号:N3)

可視領域割合とは、計算対象エリアの面積に対する可視エリアの面積の割合を指標化したものであり、視点場周囲の地表面がどの程度見えるかを表現するものである。本指標は既往の論文でも提案されているが、他の指標のベースとなるものであることから、敢えて記述した。

$$\text{可視領域割合} = 100 \times \frac{\text{可視ポリゴン面積}}{\text{計算エリアの全ポリゴン面積}} \quad (1)$$

本指標を算出するには、視対象の3角形ポリゴンに対し可視・不可視の判定をおこなう必要がある。これまでの既往の文献では、「視点と参照点となる地点を結ぶ直線が他の地形ポリゴンに阻害されるか否かによって可視、不可視を判定する」と記述されている。しかし、精密に可視領域を判定するならば、視対象のサンプル点は膨大な数となり、他の地形ポリゴンに阻害されるか否かの判定を1つ1つおこなうと、計算時間は多大なものとなる。そこで本システムでは、3つのステップにより高速化を試みた。第1のステップは、「計算範囲の限定」である。視点場周囲の360度の視野範囲について解析するわけであるが、計算領域の距離を設定

し、その距離以上のメッシュについては可視、不可視の判定から事前に除外した。第2のステップは、「法線ベクトルの向きの判定（図2参照）」である。本ベクトルが、視点場の方向を向いてなければ、見えないポリゴンであり、これらのポリゴンについても可視・不可視の判定から事前に除外している。以上の前処理の後、可視・不可視の判定をおこない、計算の効率化を図っている。

②距離帯別の可視領域割合（ID番号：N25～27）

樋口は「景観の構造」¹⁾のなかで、樹木が織り成すテクスチャは距離によって大きく異なることを指摘しており、近景、中景観、遠景の見える量は景観を特徴づける重要な要素と言える。本システムでは、地理的スケールの景観を題材としているため、樋口氏が挙げた距離区分をもとに、近景 300m 以内、中景 300m～5km、遠景 5km 以上と設定し、各距離帯別のポリゴン数と距離帯別の可視ポリゴン数を算定して、その割合を求めた。

③可視領域における地形構成割合（ID番号：N6～10）

可視領域を明らかにするだけでなく、可視領域内にどのような地形状況がみられるのかを明らかにすることは重要である。本指標は、地形の勾配を各3角形ポリゴンの法線ベクトルの角度より求め、勾配が3度以下ならば平地、3度～15度ならば斜面、15度～30度ならば急斜面、30度以上ならば崖、標高値が0mならば海と判定し、その構成割合を算出したものである。図5は地形構成の判定結果を3次元CGによって表現したものである。

④可視領域における山頂数（ID番号：N17）

視界を取り巻く山頂の数を指標化したものである。山頂の判定は、微地形の変化を取り除くため、スムージング処理を施したあと、任意のメッシュ x 、 y の標高値とそれを取り巻く8近傍の標高値と比較し、近傍の全ての標高値よりも大きければ山頂と判定した。しかし、この方法のみでは、緩やかに地形を形成する山頂は抽出されない場合があるため、さらにその周囲の16近傍のうち、任意のメッシュ x 、 y に対

○ 中心 x, y の標高値
□ 周囲8近傍の標高値
△ 16近傍のうち分析に用いた8つの標高値

図6 山頂抽出に用いた座標

し水平、垂直、45度方向の8つの標高値と中央のメッシュの標高値との比較をおこない、8つの標高値が中央の任意メッシュの標高値よりも低ければ山頂と判定した（図7参照）。

⑤水平見通し領域割合（ID番号：N20）

水平な見通しの大きさを計量するため、図8のように、視点と同一の高さに、視点を中心、算定距離を半径とする仮想の円を設定し、この円周上へ1度刻みに視点から線分を伸ばす。このとき、線分は、地形ポリゴンあるいは円周に交わる。これらの全ての交点を順次結べば、360角形のポリゴンが形成される。すなわち、このポリゴンの大きさは、見通しの水平的広がりを表現することから、このポリゴンを水平見通し領域と定め、この面積を円の面積で除し、その割合を求めた。

⑥水平見通し領域のいびつ度（ID番号：N29）

本指標は、水平見通し領域の形状が単純な形態か、あるいは、眺望が山々に分断された複雑な形態なのかを示す指標である。図9の式からも判るように、本指標は隣り合う角同士の変化の大き

図5 地形構成割合の分布

図7 可視領域における山頂の抽出

図8 水平可視領域

図9 いびつ度計算法

さを指標化したものであり、正 n 角形では0、凹角を有するいびつな形態ほど値が高いという特性をもつ。なお本指標は、「地形メッシュサイズ」と「水平見通し領域を構成する頂点数」に依存する不安定な指標である。そこで、筆者らは500m程度の尾根や谷の起伏状況を反映した「いびつ度」の値を求めるために、「いびつ度」

の算出結果と3次元CGの「水平見通し領域」の形状を目視によって比較しながら、「水平見通し領域を構成する頂点数」を決定し、「地形メッシュサイズ」の妥当性を確認した。

⑦水平見通し領域の周長／同面積の円の周長（ID番号：N30）

本指標も水平視野領域の形態特性を表現する指標である。上記のいびつ度は角度の変化の大きさを表す指標であるのに対し、本指標は、水平視野領域が円形に近いかどうかを示すものである。

（2）ビジュアルスクリーンからの計量

⑩ビジュアルスクリーンにおける地形構成割合（ID番号：N11～16）

地形構成割合は、仮想の3次元空間における地形モデルから計量できるが、人間の視覚的に捉える地形構成割合とは異なる。なぜならば、人間が視覚的に捉える量は、視対象のメッシュの距離と傾斜とその方向に影響されるからである。本指標はメッシュの距離、傾斜、方向から解析的に算出できるが、計算の効率化のためビジュアルスクリーンから計量している。具体的には図10に示すようにビジュアルスクリーンの展開図を描く際に、3角形ポリゴンで地形構成別に色分けして表示し、画かれた画像におけるピクセルの色彩情報を集計することで、視覚的な量を把握した。なお、本指標は距離帯区分ごとに計量可能である。

⑫スカイラインの複雑さ（ID番号：N31）

視点を取り巻くスカイラインが険しいか、あるいは、なだらかなものなのかを表現するため、ビジュアルスクリーンの展開図からスカイラインの波形を抽出し、その標準偏差を指標とした。スカイラインの波形は、ビジュアルスクリーンの空の領域に接するピクセルを画像の色彩情報から抽出し、その2次元座標をデータ化することで抽出できる。図11の太線が抽出されたスカイラインである。

⑬スカイラインを構成する山頂数（ID番号：N18）

視点から可視である山は無数にあるが、その中でもスカイラインを構成する山々は極めて視覚的に印象深い要素である。そこで、これらの山頂数を指標とした。山頂の抽出は、スカイライン波形のピーク値を抽出すればよい。我々は微地形の変化を取り除くため波形のスムージング処理を施した後、ピークを抽出し、その数をカウントした。図11の四角いマークが抽出された山頂である。

⑭山並み輪郭線の密度（ID番号：N28）

日本のように起伏に富んだ地形では、山々の重なり合いが奥行き感を生み出している。そこで、我々は、山並み輪郭線をビジュアルスクリーンの画像から抽出し、その線の密度を指標化した。本分析で用いるビジュアルスクリーンの展開図は、3角形ポリゴンを視点からの距離に応じて色分けしたものである。本画像から色彩情報を読み取り、極端に色彩が変化する境界を輪郭線とみなし抽出した。色彩変化は画像の垂直方向のピクセル同士を比較することから、画像の縦方向を2倍に拡大し精度高く計

図10 ビジュアルスクリーンのピクセルデータ

図11 スカイライン、山頂、山並み輪郭線の抽出

測している。図11に示すラインが山並みの輪郭線である。本輪郭線を構成するピクセル数を画像全体のピクセル数で除し、その密度を求めた。

4. 視覚指標

視覚指標についてまとめたものが表2の右側である。これらの指標は、3次元コンピュータグラフィックスあるいはビジュアルスクリーンの手法によって、実空間では捉えることが難しい現象を視覚的に表示し、景観の特性を把握できるようにしたものである。代表的な視覚指標を次に挙げる。

①可視領域（ID番号：V1）

3次元マップ上に、ある任意の座標から見える領域を色分けし視覚的に表示するものである。

②地形構成別の色彩表現（ID番号：V2）

可視領域を地形構成別（海、平地、斜面、急斜面、崖）に色分けし視覚的に表示するものである（図5参照）。

③可視領域の距離別色彩表現（ID番号：V10）

可視領域を近景、中景、遠景の距離帯に応じて色分けし視覚的

図12 システムの構成

に表示するものである(図14参照)。

④可視領域の仰角・俯角別色彩表現 (ID番号: V8)

可視領域を仰角、俯角の角度に応じて色分けし視覚的に表示するものである(図16参照)。

⑤可視領域の視線入射角別色彩表現 (ID番号: V13)

可視領域を視線入射角の角度に応じて色分けし視覚的に表示するものである(図15参照)。

5. システムの構築

以上の数値指標、視覚指標を計量し表示するシステムのプログラムとデータの流れを示したものが図12である。

システムは、景観の特性を抽出する「景観特性計量プログラム」、解析結果を3次元コンピュータグラフィックスによって表示する「3次元CG表示プログラム」、ビジュアルスクリーンの展開図を表示する「ビジュアルスクリーンCG表示プログラム」から構成される^(注6)。以下にシステム全体のフローについて説明する。

(1) 入力

景観特性計量プログラムの計算は、視点場の緯度、経度の座標と計算半径を入力するのみで行われる。これらの値は、図13に示すようなインターフェース画面に地図を表示しマウスによって入力する。また、視点位置を詳細に入力したい場合はキーボード操作によっておこなう。なお、このときに、画面右手のオプションメニューによって計量する指標を選択することもできる。これらが入力されると、視点の位置、標高値が確定され、視点を中心とする「数値地図50m」の標高データが自動的に読み込まれる。

(2) 計量とアウトプット

景観特性計量プログラムの計算手順は図12に示す通りであり、計算対象地域の勾配計算、尾根、谷、山頂の抽出を行った後、可視・不可視の前処理、可視・不可視判定を行い、可視ポリゴンのみについて視線入射角、俯角、距離、ビジュアルスクリーン等の計算を行う。生成される中間データは「CG表示のためのデータ」と「数値データ」である。「CG表示のためのデータ」は計算対象エリアの全ての3角形ポリゴンにおける情報をデータ化したものであり視覚指標のグラフィックスの表示に利用される。「数値データ」は数値指標の値をアウトプットしたものであり、これらのデータは集計や因子分析のオリジナルデータとなる。

図13 景観特性計量プログラムの画面

(3) 使用機器

ハードウェアは、汎用性を考慮し Windows95 が稼動する DOS/V マシンを使用しているが、UNIX を OS とするワークステーションにも移植可能である。なお、計算領域を大きくすると算定時間が多大なものとなるため、CPU は 400MHz 以上を使用している。

6. 算定及び表示の事例

(1) 数値指標の算定事例

福岡県名所図会に画かれた5つの代表的な地点を視点場として、数値指標を計量した。これらの地点は、筆者らが既往におこなった名所図会に関する研究⁽¹²⁾⁽¹³⁾において抽出された景観類型の代表的視点場である。計算半径は 10km と設定し、表3に示した指標の計量をおこなった。本論では、特徴的な3つの地点について考察し、各指標と図14~16を見比べながら指標の有効性について検証してみた。

①鳥飼神社(図14参照)

視点は低地に位置し、視対象もそれほど標高値は高くない(ID1, 2)。視対象についてみると、空間的には海の割合が大きい(ID6)が、海は中景以遠に位置することから、視覚的には平地の割合が大きい(ID12)。視界は北側の海へ開け(ID19)、可視領域割合(ID3)、水平見通し領域割合(ID20)も大きいことから眺望にも優れているといえる。高仰角の山はなく(ID22, 23)、緩やかな山並みを呈している(ID35)。

図14 距離帯別の可視領域

図15 視線入射角別の可視領域

図16 仰角・俯角別の可視領域

②多賀神社 (図 15 参照)

視点の周囲には高い山々が存在し(ID2)、可視領域の標高の標準偏差も大きいことから起伏に富んだ地形である(ID5)。視対象についてみると、平地の割合が最も大きい、他の類型と比べると斜面の割合が大きいことが伺える(ID7,8)。しかしながら、高仰角の山はなく(ID22,23)、スカイラインもそれほど複雑ではない(ID35)。また、視線入射角の大きい面が多く、東側の山々が大きく影響している(ID38,39)。

③大祖神社 (図 16 参照)

視点は山頂に位置することから、周囲の標高はかなり低く、周囲を見下ろす景観である(ID1,2)。したがって、水平的な見通し、空の見える割合も大きく開放的な特徴を有し(ID20,16)、山々の重なりも多く見られる(ID32)。視対象についてみると、空間的には平地の割合が大きい(ID7)が、視覚的には斜面の割合が大きい(ID13)。また、視線入射角の大きい面が多く、立体感のある地形といえる (ID38,39)。

(2) 視覚指標の算定事例

ここでは、距離帯別、視線入射角別、仰角・俯角別に可視領域を色分けした事例を紹介する。

①距離帯別の可視領域 (図 14 参照)

鳥飼神社を視点場とする可視領域を距離帯別に示したものが図 14 である。図をみると、平野部の広域的エリアが視対象となっており、福岡市のランドマークである油山が遠景に位置することが伺える。

②視線入射角別の可視領域 (図 15 参照)

多賀神社の可視領域を視線入射角別に示したものが図 15 である。南北に走る平野部の東側に金剛山、雲取山、福智山の山々が屏風状の地形を形成し、視線入射角が大きいエリアを形成している。

③仰角・俯角別の可視領域 (図 16 参照)

大祖神社を視点場とする仰角・俯角別の可視領域を示したものが図 16 である。図をみると、視点場は山頂に位置し、西側に大きな可視領域が広がっている。視点場の近距離には俯角が大きいエリアがあり、また、南側には谷越しに仰角のエリアが分布する。以上のことから、立体感のある景観を構成していると言える。

(3) 数値指標、視覚指標の評価

数値指標を 3 次元 CG と比較しながら各事例を個別に考察した結果、各指標は景観の特性を明確に表現している。しかしながら、CG が提示されなければ、数値データのみから景観の具体的なイメージを想像することは難しいというデメリットもある。一方、視覚指標は、人間が景観特性を感覚的に把握する上で優れているが、視覚指標のみで特徴を論じることが、定性的な議論に終始しがちである。以上のことから、両指標は互いに補完的な関係があり、両指標を併用し考察することが最も適切であると言える。

7. まとめ

上記のように標高データのみを用いて景観の特性を簡便に計量するシステムを開発したわけであるが、本システムの有効性と発展性及び問題点についてまとめると、以下のことが挙げられる。

(1) 算定事例において景観の特性を考察した結果、各指標は景観の特徴を明確に示していたことから、システムの有効性は高い。

(2) 数値指標と視覚指標は互いに補完的な関係があり、両指標

表 3 数値指標の算定

		鳥飼神社境内之園	多賀神社境内之園	香櫛宮	寶満宮境内之園	大祖神社全景之園
視点場	1 視点場の標高	12.0	24.3	22.0	57.0	666.2
	2 視点場の標高-可視領域の標高の平均	-14.7	-92.3	3.2	-54.8	556.4
視対象	3 可視領域割合	44.0	14.0	4.0	16.8	32.6
	4 可視領域の標高の平均	26.8	116.6	18.8	111.8	109.8
	5 可視領域の標高の標準偏差	67.5	170.3	72.0	158.6	165.8
	6 可視領域における地形構成割合					
	7 海の構成要素割合	41.2	0.0	56.8	0.0	0.0
	8 平地の構成要素割合	38.5	43.8	25.1	60.9	53.3
	9 斜面の構成要素割合	11.4	23.1	11.2	17.2	23.9
	10 急斜面の構成要素割合	7.3	20.2	4.6	14.5	15.6
	11 崖の構成要素割合	1.6	12.9	2.3	7.4	7.3
	12 ビジュアルスクリーンにおける地形構成割合					
	13 海の構成要素割合	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
	14 平地の構成要素割合	48.6	10.9	40.2	47.5	2.1
	15 斜面の構成要素割合	0.7	39.5	11.1	4.2	37.7
	16 急斜面の構成要素割合	0.6	2.3	2.1	4.3	5.5
	17 崖の構成要素割合	0.2	0.8	0.7	1.4	2.5
	18 空の構成要素割合	48.8	46.5	45.9	42.6	52.1
方向	19 可視領域における山頂数	237.0	331.0	55.0	122.0	523.0
	20 スカイラインを構成する山頂数	9.0	8.0	8.0	11.0	10.0
	21 可視領域の重心の方向	344.9	47.2	282.2	237.3	280.1
	22 水平見通し領域割合	41.2	12.0	9.3	13.3	74.6
	23 仰角5.0度以下のスカイラインを構成する山頂数	9.0	6.0	5.0	2.0	10.0
	24 仰角8.3±1.1度のスカイラインを構成する山頂数	0.0	0.0	2.0	5.0	0.0
	25 仰角9.4度以上のスカイラインを構成する山頂数	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	26 俯角7.9度以下の可視ポリゴン割合	77.0	45.7	88.6	64.8	87.6
	27 俯角9.4±1.5度の可視ポリゴン割合	0.0	0.0	0.0	0.0	8.2
	28 俯角10.9度以上の可視ポリゴン割合	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7
距離・奥行き	29 スカイライン仰角・俯角の最大値	3.7	6.5	8.7	8.5	4.2
	30 スカイラインの仰角・俯角の差	3.7	6.3	8.4	5.5	7.2
	31 距離帯別の可視領域割合					
	32 近距離帯の可視領域割合	100.0	60.3	90.0	87.9	35.2
	33 中距離帯の可視領域割合	53.4	26.8	5.9	28.0	27.1
視野形態、視雑さ	34 遠距離帯の可視領域割合	40.8	9.7	3.2	13.0	34.3
	35 山並み輪郭線の密度	1.4	1.7	1.0	1.4	1.7
	36 水平見通し領域のいびつ度	41.0	42.5	18.1	18.2	7.8
	37 水平見通し領域の周長/前面積の1/2の周長	3.8	3.9	1.6	1.4	1.6
認識度	38 スカイラインの複雑さ	153.8	320.5	426.3	417.1	423.2
	39 視線入射角別の可視領域割合					
	40 10度以下の可視領域割合	92.4	71.5	94.1	81.8	74.3
	41 10~20度の可視領域割合	5.4	16.2	3.5	11.4	14.8
	42 20~30度の可視領域割合	1.9	9.4	1.9	5.1	7.2
	43 30度以上の可視領域割合	0.3	2.9	0.5	1.7	3.7

を併用し考察することが最も適切である。

(3) 本システムは、実測や地図、写真上では計量困難な景観の特徴を明瞭かつ簡便に表現できるという利点がある。

(4) 数値地図を用いているため、システムの汎用性は高く、日本の他の地域にも容易に適用できる。また、陸地のみならず海上を視点場とした計測も可能である。

(5) 本システムで提案した指標と心理評価の関連を明らかにすることで、良好な景観を有する視点場の探索にも活用できる。

(6) 景観の特性を数値として表現できることから、景観整備、計画における実証的な判断材料として用いることが可能である。

(7) 計算半径が 15 km を超えると、可視・不可視の算定、ビジュアルスクリーンの計算に多大な時間が係るため、さらなる改良を加えたい。

(8) 地形は 3 角形ポリゴンによって分割したモデルであるが、その分割手法は複数ある。将来的には、利用者が、実際の地形状況と各地形モデルとの誤差を簡便に評価し、地形モデルの分割手法を自由に選択できるようなシステムに改良したい。

参考文献

- 樋口忠彦：景観の構造、技報堂、1975
- 上原敬二：日本風景美学、大日本出版、1943
- 山田学：都市設計におけるグラフィックスディスプレイの応用、都市計画別冊、6号、日本都市計画学会、pp.191~196、1971
- 小柳武和：景観計画のための情報処理技術 - 自然地形情報の処理および透視図の自動作成プログラム -、土木学会第 33 回年次学術講演会講演概要集 IV、pp.143~144、1978.9
- 石田克紀、小柳武和、山形耕一、志摩邦雄：日立市域の精密 DTM の作成とその応用、第 17 回土木情報システム論文集、pp.41~48、1992

- 6) Burrough,P.A. and De Veer,A.A. : Automated production of landscape maps for physical planning in The Netherlands., Landsc. Plan, No.11, pp.205~226, 1984
- 7) 磯田節子、両角光男、位寄和久：ランドマークの可視・不可視領域に着目した大規模建築物の影響評価モデルの検討、日本建築学会計画系論文報告集、No.456、pp.163~169、1994.2
- 8) 飯塚英雄：市街地から見た山の可視部分の計量化とその分布図の作成、日本建築学会第16回情報システム技術利用シンポジウム、No.16、pp.439~443、1993.12
- 9) 坂井猛、萩島哲、出口敦、鵜心治：メッシュデータによる視点場探索手法の開発、都市計画論文集、No.30、pp.253~258、1995
- 10) 有馬隆文、佐藤誠治：「数値地図」を用いたCGによる地理的スケールの都市景観分析、日本建築学会第17回情報システム技術利用シンポジウム、No.17、pp.325~330、1994.12
- 11) Yuka Himeno, Seiji Sato, Takafumi Arima, Yuji Kobayashi : Landscape Potential Using Visual Composition of Large Scale Landscape Element, The Proceedings of International Symposium on City Planning 1998, pp.441~448, 1998.10
- 12) 嶋田瑞代、萩島哲、鵜心治、有馬隆文：名所図会に描かれた景観の地理的構造に関する研究（その1）、日本建築学会大会学術講演梗概集（九州）F-1、pp.519~520、1998.9
- 13) 有馬隆文、萩島哲、鵜心治、嶋田瑞代：名所図会に描かれた景観の地理的構造に関する研究（その2）、日本建築学会大会学術講演梗概集（九州）F-1、pp.521~522、1998.9

注2)「数値地図」は建設省国土地理院が測量法に基づき刊行するものであり、「数値地図」にかかる著作権その他の権利は、全て建設省国土地理院に帰属される。

注3) 国土地理院の50m地形メッシュは、緯度、経度を基準として分割したものであるため、地域によって、メッシュの縦横の大きさは異なる。

注4) 人間が把握する視覚的な像を正確に投影できるものは球である。したがって、円筒状のスクリーンに投影する場合、視点の直下方向や天頂方向にひずみが生じる。しかし、本研究では水平±30°の範囲を計量の対象としており、また、実際に描かれる山並みのスカイラインは水平0~15°の範囲内であるため、スクリーンに投影した像は人間が視覚的に捉える像に非常に近いと言える。

注5) 樋口は「景観の構造 (pp.43)」¹⁾において、立った姿勢、および座った姿勢での標準的な視野の方向を基にしてディスプレイに最適な領域を定義している。

注6) システムは3つのプログラムに分かれている。「景観特性計量プログラム」は、Tcl/Tkを用いてGUIを構築しており、主要計算部分をC言語によって記述している。「3次元CG表示プログラム」、「ビジュアルスクリーンCG表示プログラム」は、現在のところ、GUIを有しないが、将来的には3つのプログラムを統合しGUIを有するアプリケーションソフトウェアにする予定である。また、本システムに関する情報を <http://urban.arch.kyushu-u.ac.jp/ari.lab/dls.htm> に公開している。

補注

注1) 標高データを基にして作成した地形のシミュレーションモデルをDTM (Digital Terrain Model) という。またデジタル標高モデル：DEM (Digital Elevation Model) と呼ばれる場合もある。

(1998年11月5日原稿受理、1999年3月26日採用決定)